

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representation of
The original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

ANSÖKAN OM SVENSKT PATENT

BEKRÄFTELSE AV TELEFAX – ANSÖKAN

Likalydande ansökningstext har ingivits

via telefax (datum) ..

19990816 1134391 230 9902916-7
*肆800.00

Stockholm den 16 augusti 1999

Ort, datum

AXEL EHRNERS PATENTBYRÅ AB

Underskrift

Johan Nordkvist

MODULATOR OCH INTEGRERAD KRETS

TEKNISKT OMRÅDE

Föreliggande uppfinning härför sig till en modulator enligt
5 ingressen till patentkrav 1 och till en integrerad krets enligt
ingressen till patentkrav 9.

TEKNIKENS STÅNDPUNKT

Fiberoptiska kommunikationslänkar blir allt vanligare i och med
att dess egenskaper är avpassade för att tillåta överföring med
10 hög informationshastighet över långa avstånd.

I dessa fiberoptiska system används allt oftare halvledarlasrar
som signalkälla. Vad som eftersträvas är en laser med smal
spektral linjebredd vilket möjliggör sändning med hög
informationshastighet (bithastighet) över långa sträckor utan
15 att signalens ljuspulser flyter samman på grund av dispersion.

Ljuspulserna kan åstadkommas med direkt modulation av laserns
drivström, det vill säga amplitudmodulering. En oönskad bieffekt
vid sådan amplitudmodulering är att en ofrånkomlig svag
frekvensmodulering, det vill säga att det utsända ljusets
20 frekvens från lasern moduleras. Ett sådant våglängdssvaj benämns
chirp. På grund av den optiska fiberns dispersion kommer den
spektralt breddade ljuspulsen att undergå en pulsbreddning i
tidsdomänen när pulsen utbreder sig längs fibern. Detta problem
tilltar med ökad bithastighet och ökat överföringsavstånd.

25 Med användande av extern modulering kan nämnda chirp undvikas
eller åtminstone minskas. Extern modulering kan göras med en
separat modulatorkomponent eller en integrerad
modulatorkomponent.

Exempelvis en elektroabsorptionsmodulator kan integreras på samma substrat som en laser. En elektroabsorptionsmodulator kan utnyttja Franz-Keldysheffekten eller Stark-effekten, det vill säga att en absorptionskant för en halvledare förskjuts mot längre våglängd då halvledaren påläggs ett elektriskt fält. Genom att modulera en backspänning över modulatorn, moduleras det transmitterade ljusets amplitud genom att absorptionskanten moduleras. Lasern behöver alltså inte moduleras, varvid chirp minskas.

- 5 Nämnda separata eller integrerade modulator bör företrädesvis skyddas mot reflexer från modulatorns ändyta, speciellt gäller detta för den integrerade modulatorn. Om ljus reflekteras tillbaka in i lasern, från modulatorns utgångsände, kommer lasern att svaja i våglängd. Det är av allt större betydelse att reducera reflexer in i lasern vid höga bithastigheter och/eller långa transmissionssträckor. Detta har idag lösats genom att antireflexbehandla komponentens yta med exempelvis ett tunt skikt av SiO_x vilket skikt uppvisar en reflexionsförmåga på mindre än 0.1%.
- 10 Nämnda antireflexskikt är förhållandevis krångligt att anordna på modulatorns ändyta vilket är ett problem.
- 15 Nämnda antireflexskikt är förhållandevis krångligt att anordna på modulatorns ändyta vilket är ett problem.
- 20 Nämnda antireflexskikt är förhållandevis krångligt att anordna på modulatorns ändyta vilket är ett problem.

REDOGÖRELSE FÖR UPPFINNINGEN

Föreliggande uppfinning angriper ovan nämnda problem genom en modulator enligt patentkrav 1 samt en integrerad krets enligt patentkrav 9.

Avsikten med föreliggande uppfinning är att åstadkomma en modulator där åtminstone ovan nämnda problem reduceras.

En fördel är att precisionen inte behöver vara 100% för antireflexskiksbehandlingen i kombination med föreliggande uppfinning för att uppnå förhållandevis hög prestanda.

En annan fördel med föreliggande uppfinning är att en implementation av denna inte kräver något extra processteg.

Uppfinningen kommer nu att beskrivas närmare med hjälp av föredragna utföringsformer och med hänvisning till bifogade
5 ritningar.

FIGURBESKRIVNING

Figur 1 visar i vy från ovan en integrerad krets innehållande
10 en modulator enligt uppfinningen och en laser.

Figur 2 visar ett tvärsnitt i längdriktningen genom en vågledare i modulatoren och lasern i figur 1 i vy från sidan.

15 Figur 3 visar ett tvärsnitt genom lasersektionen i den integrerade kretsen enligt figur 1.

Figur 4 visar ett tvärsnitt genom isolationssektionen i den
integerrade kretsen enligt figur 1.

20 Figur 5 visar ett tvärsnitt genom modulatorsektionen i den integrerade kretsen enligt figur 1.

FÖREDRAGNA UTFÖRINGSFORMER

25 I figur 1 och 2 visas en integrerad krets innehållande en modulatorsektion 3 enligt uppfinningen tillsammans med en lasersektion 1 på ett gemensamt substrat 4. Modulatorsektionen enligt uppfinningen kan även vara anordnad på ett separat
30 substrat. Substratet 4 är i detta fall ett n-dopat substrat av InP. Lasersektionen är av DFB-typ (Distributed Feed Back). Mellan lasersektionen 1 och modulatorsektionen 3 finns

anordnat en isolationssektion 2. På den integrerade kretsens undersida finns anordnat en gemensam katod 17 av metall för lödning. På den integrerade komponentens ovansida finns anordnat separata anoder för lasersektionen 13, 14 och modulatorsektionen 15, 16 av metall för kontaktering med till exempelvis trådbondning. Aktiva skikt av laser- och modulatorsektionerna kan tillverkas sekventiellt eller samtidigt med selektiv epitaxi eller Selective Area Growth (SAG).

10

Lasersektionen 1 innehåller ett undre mantelskikt 5 av n-dopad InP, ett aktivt skikt (vågledare) 6 av GaInAsP med en bandgapsvåglängd av ungefär $1.5\mu\text{m}$, ett distansskikt 7 av p-dopad InP, ett gitterskikt 8 vilket utgörs av en periodiskt korruget struktur med alternerande p-dopad InP och p-dopad GaInAsP med en bandgapsvåglängd av ungefär $1.3\mu\text{m}$, ett övre mantelskikt 10 av p-dopad InP och ett kontaktsskikt 11 av p-dopad InGaAs. På nämnda kontaktsskikt finns anordnat ett kontaktmetallskikt 13 och ett bondmetallskikt 14. En etsad ås 15, se figur 3, 4 och 5, omges av en isolator 19 av till exempel benzocyclobuten (BCB). Det aktiva skiktet 6 kan bestå av en MQW-struktur (Multiple Quantum Well) med töjda skikt. Det aktiva skiktet 6 kan omges av SCH- (Separate Confinement Heterostructure) skikt av InGaAsP med en bandgapsvåglängd på ungefär $1.3\mu\text{m}$. Gitterskiktet 8 kan innehålla ett eller flera fasskift. I strukturen kan finnas ett tunt etsstoppskikt 9.

20

25

30

Isolationssektionen 2 innehåller ett undre mantelskikt 5 av n-dopad InP, ett aktivt skikt (vågledare) 12 av GaInAsP med en bandgapsvåglängd på ungefär $0.06\mu\text{m}$ mindre än den för det aktiva skiktet 6, ett övre mantelskikt 10 av p-dopad InP, ett kontaktsskikt 11 av P-dopad InGaAs. Mellan det aktiva skiktet 12 och det övre mantelskiktet 10 kan det finnas anordnat ett

skikt av GaInAsP med en intermediär bandgapsväglängd på ungefär $1.1\mu\text{m}$. Jonimplantation för isolation görs i åtminstone det övre mantelskiktet 10. Det övre mantelskiktet som i detta fall är i form av en etsad ås omges av en isolator exempelvis benzocyclobuten (BCB). Det aktiva skiktet 12 kan alternativt bestå av en MQW-struktur med töjda skikt.

Modulatorsektionen kan i sin allra enklaste form vara en backspänd PN-övergång. Ett undre mantelskikt kan exempelvis utgöras av ett n-dopat InP skikt, ett aktivt skikt (vågledande skikt) kan exempelvis utgöras av ett huvudsakligen odopat InGaAsP skikt och ett övre mantelskikt kan exempelvis utgöras av ett p-dopat InP skikt. Det övre och det undre mantelskiktet är företrädesvis anordnade med metalliska kontakteringsskikt.

Modulatorsektionen 3 i figur 2 och 5 innehåller ett undre mantelskikt 5 av n-dopad InP, ett aktivt skikt (vågledare) 12 av GaInAsP med en bandgapsväglängd på ungefär $0.06\mu\text{m}$ mindre än den för det aktiva skiktet 6, ett övre mantelskikt 10 av p-dopad InP och ett kontaktsskikt 11 av p-dopad InGaAs. På kontaktsskiktet 11 finns ett kontaktmetallsskikt 15 och ett bondmetallsskikt 16. Mellan det aktiva modulatorskiktet 12 och det övre mantelskiktet 10 kan det finnas anordnat ett skikt av GaInAsP med en intermediär bandgapsväglängd på ungefär $1.1\mu\text{m}$. Det övre mantelskiktet som i föreliggande fall är en etsad ås, se figur 3, 4 och 5, omges av en isolator 19 exempelvis benzocyclobuten (BCB). På sektionens ändyta finns i denna utföringsform anordnat ett antireflexskikt 20. Nämnda Det aktiva skiktet 12 kan alternativt bestå av en MQW-struktur med töjda skikt.

Modulatorsektionen 3 kan vara jonimplanterad på ömse sidor om det åsformade övre mantelskiktet 10, se figur 3, 4 och 5. En

sådan lateral isolation kan göras självlinjerad till modulatorns övre metallisering 16.

Brytningsindex i det aktiva skiktet i lasersektionen, isolationssektionen och modulatorsektionen är högre än de omgivande skikten. Nämnda omgivande skikt i modulatorn, isolationssektionen och lasersektionen är beskaffade med ett större bandgap än nämnda aktiva skikt för att på så vis undvika absorption av ljussignalen i dessa skikt.

10

Ovan nämnda integrerade krets kan tillverkas genom att på ett InP-substrat odlas det undre mantelskiktet 5, det aktiva skiktet 6, distansskiktet 7 och gitterskiktet 8. Substratet beläggs med en ets- och återodlingsmask av exempelvis SiNx varefter det aktiva skiktet 6, distansskiktet 7 och gitterskiktet 8 selektivt etsas bort från all yta som inte är eller skall tillhöra lasersektionen. Därefter återodlas det aktiva modulatorskiktet 12 samt ett tunt täckskikt av InP. Efter att SiNx-masken avlägsnats etsas DFB-gittret i skiktet 8, varefter det övre mantelskiktet 10, etsstoppskiktet 9 och kontaktskiktet 11 odlas. En åsvågledarstruktur etsas i kontaktskiktet 11 och det övre mantelskiktet 10.

Elektrodometalliseringen 13, 15 löper längs hela komponentens längd och tjänar som självlinjerad mask för etsningen. Åsens sidoväggar i mantelskiktet 10 undergår ingen underets då åsen är orienterad i kristallens [011]-riktning och etsning görs med lämplig ets, exempelvis saltsyrabaserad (HCl) våtets. Etsdjupet begränsas av etsstoppskiktet 9.

30 Därefter avlägsnas elektrodometalliseringen och kontaktskiktet från den del av åsen som ligger inom isolationssektionen. Det övre mantelskiktet 10 i isolationssektionen implanteras med hydrogen (H^+) eller annan jon för att öka isolationen mellan

elektroderna 13, 15. Strukturen kan planariseras genom deponering av en isolator 19. Därefter deponeras bondmetalliseringen 14, 16.

5 Modulatorsektionen 3 är krökt eller vinklad så att den möter den integrerade kretsens ändyta i en icke rät vinkel. Den icke räta vinkeln kan vara sådan att vågledaren vid ändytan avviker från kristallens [011]-riktning med ungefär 7° om den övriga icke krökta eller vinklade delen av vågledaren är anordnad
10 parallell med nämnda riktning i kristallen. Vinklingen av vågledaren i förhållande till kretsens ändyta innebär att bakåtreflexer in i modulatorn kan reduceras till en acceptabel nivå.

15 Bakåtreflexerna från ändytan av modulatorn kan minskas ytterligare om ett antireflexskikt appliceras på vågledarens ändyta i nämnda modulator.

De aktiva skikten 6, 12 kan alternativt odlas samtidigt med
20 SAG.

DFB-lasern 1 drivs med en likström via elektroden 13, 14. Det emitterade ljuset vågleds vidare in i skiktet 12. I modulatorn 3 absorberas ljuset i skiktet 12 till följd av att en
25 backspänning är pålagd elektroden 15, 16. Elektroderna 13, 14 och 15, 16 isoleras elektriskt från varandra av isolationssektionen 2. Det övre mantelskiktet 10 i isolationssektionen 2 ger tillräcklig isolation mellan elektroderna genom att dess resistans ökas med nämnda
30 jonimplantation 18.

Företrädesvis skall en modulator kunna drivas vid höga signalfrekvenser, Gbit/s. I den abrupta övergången mellan p-

InP och InGaAsP uppstår uppstår en så kallad bandböjning sådan att hål ackumuleras vid nämnda övergång, så kallad hole pile up. Ackumuleringen är beroende av en backspänningens storlek vilken appliceras över modulatorn. Vid modulering kommer dessa hål därmed att utgöra en laddningsmängd vilken varierar över en modulationsscykel. Detta motsvarar en kapacitiv last vilken kan försämra komponentens egenskaper vid höga signalfrekvenser.

För att jämna ut nämnda abrupta övergången mellan p-InP och InGaAsP kan mellan det aktiva skiktet 12 och det övre mantelskiktet 10 finnas anordnat ett skikt av GaInAsP med den intermediära bandgapsvåglängden på ungefär $1.1\mu\text{m}$. Syftet med detta skikt är att öka modulationsbandbredden genom att reducera så kallad hole pile up. Fyllningen 19 planariserar komponenten och ger ett mekaniskt skydd. Nämnda fyllning 19 lyfter också metalliseringen på komponentens ovansida 14 och 16 och minskar därigenom kapacitansen i modulatorn. Detta är fördelaktigt för att kunna modulera modulatorsektionen 3 med en hög frekvens. Högfrekvensegenskaperna kan även förbättras genom en lateral elektrisk begränsning, vilken kan åstadkommas med isolation på ömse sidor om modulatorns ås.

Ovan beskrivna modulator är uppbyggd enligt RWG (Ridge Waveguide Structure). Naturligtvis kan föreliggande uppfinding även tillämpas på modulatorer och integrerade kretsar innehållande modulator och laser uppbyggda enligt BH (Buried Heterostructure). Det kan även tänkas an kombination av en laser uppbyggd enligt RWG och en modulator enligt BH samt vice versa.

Lasern 1 i den integrerade kretsen kan vara en halvledarlaser av exempelvis DFB-typ (Distributed Feed Back) eller DBR-typ (Distributed Bragg Reflecting).

- 5 Modulatorn 3 enligt uppfinningen kan exempelvis vara av elektroabsorptionstyp eller av Mach-Zehndertyp. Då modulatorn 3 är av elektronabsoptionstyp kan Stark-effekt eller Franz-Keldysh-effekt utnyttjas.
- 10 I det ovan beskrivna och i figurerna visade är polariteten sådan att anoden är anordnad till det övre mantelskiktet 10 och katoden till det undre mantelskiktet 5. Naturligtvis skiftas polariteten om istället det undre mantelskiktet 5 utgörs av ett p-dopat InP skikt och det övre mantelskiktet 10 utgörs av ett n-dopat InP skikt.
- 15

Uppfinningen är naturligtvis inte begränsad till de ovan beskrivna och de på ritningarna visade utföringsformerna, utan kan modifieras inom ramen för de bifogade patentkraven.

PATENTKRAV

1. En modulator (3) av halvledarmaterial för modulering av en ljussignal innefattande åtminstone ett första
5 mantelskikt (5) av ett halvledarmaterial med ett första brytningsindex, en vågledare (12) av ett halvledarmaterial med ett andra brytningsindex anordnad på nämnda första mantelskikt (5) och ett andra mantelskikt (10) av ett halvledarmaterial med ett tredje brytningsindex anordnad på nämnda vågledare (12), där nämnda första och tredje brytningsindex i nämnda första och andra mantelskikt (5,
10) är lägre än nämnda andra brytningsindex i nämnda vågledare (12) och där det första och det andra
15 mantelskiktet (5, 10) är anordnade med ett första och ett andra metallskikt (17, 13), där det första metallskiktet (17) anordnat direkt eller indirekt på det första mantelskiktet (5) utgör en första kontaktyta och där det andra metallskiktet (13) anordnat direkt eller indirekt på
20 det andra mantelskiktet (10) utgör en andra kontaktyta,
kännetecknad av att nämnda vågledare (12) är krökt eller vinklad så att en tangent (50) till vågledaren vid en ändyta av vågledaren (12) möter en ändyta av modulatorn med en vinkel (α) skild från 90° för att på så vis minska reflektion av ljus tillbaka genom modulatorn (3).
25
2. Modulator (3) enligt patentkrav 1, **kännetecknad av** att en tangent till ett parti av vågledaren (12) innan det krökta eller vinklade partiet är parallell med en [011]-riktning i halvledarmaterialet.
- 30 3. Modulator (3) enligt patentkrav 1 eller 2, **kännetecknad av** att modulatorn innefattar ett antireflexskikt (20) anordnat på vågledarens (12) ena ändyta.

4. Modulator (3) enligt något av patentkraven 1-3,
kännetecknad av att modulatorn är av
elektronabsorptionstyp.
5. Modulator (3) enligt patentkrav 4, **kännetecknad av** att
modulatorn utnyttjar Stark-effekten.
6. Modulator (3) enligt patentkrav 4, **kännetecknad av** att
modulatorn utnyttjar Franz-Keldysh-effekten.
7. Modulator enligt något av ovanstående patentkrav,
kännetecknad av att vågledaren är av begravd vågledartyp
(Buried Heterostructure)
- 10 8. Modulator (3) enligt något av patentkraven 1-4,
kännetecknad av att vågledaren är av åsvågledartyp (ridge
waveguide structure).
- 15 9. En integrerad krets på ett halvledarsubstrat,
innefattande åtminstone en laser (1) och en modulator (3)
optiskt kopplade till varandra, **kännetecknad av** att
modulatorn (3) är enligt något av ovanstående patentkrav.
10. Integrerad krets enligt patentkrav 9, **kännetecknad av**
att ett jonimplanterat isolationsområde (2) finns anordnat
20 mellan nämnda laser (1) och nämnda modulator (3).
11. Integrerad krets enligt patentkrav 9 eller 10,
kännetecknad av att lasern (1) är av DFB typ (Distributed
Feed Back)
- 25 12. Integrerad krets enligt patentkrav 9 eller 10,
kännetecknad av att lasern (1) är av DBR typ (Distributed
Bragg Reflection).

SAMMANDRAG

Föreliggande uppfinning hänför sig till en modulator (3) av halvledarmaterial för modulering av en ljussignal innehållande åtminstone ett första mantelskikt (5) av ett halvledarmaterial med ett första brytningsindex, en vågledare (12) av ett halvledarmaterial med ett andra brytningsindex anordnad på nämnda första mantelskikt och ett andra mantelskikt (10) av ett halvledarmaterial med ett tredje brytningsindex anordnat på nämnda vågledare (12). Nämnda första och tredje brytningsindex i nämnda första och andra mantelskikt (5, 10) är lägre än nämnda andra brytningsindex i nämnda vågledare (12). Det första och det andra mantelskiktet (5, 10) är anordnat med ett första och ett andra metallskikt (17, 13), där det första metallskiktet (17) anordnat direkt eller indirekt på det första mantelskiktet (5) utgör en första kontaktyta och där det andra metallskiktet (13) anordnat direkt eller indirekt på det andra mantelskiktet (10) utgör en andra kontaktyta. Vågledaren (12) är krökt eller vinklad så att en tangent (50) till vågledaren (12) vid en ändyta av vågledaren (12) möter en ändyta av modulatorn med en vinkel (α) skild från 90° för att på så vis minska reflektion av ljus tillbaka genom modulatorn (3).

1/2

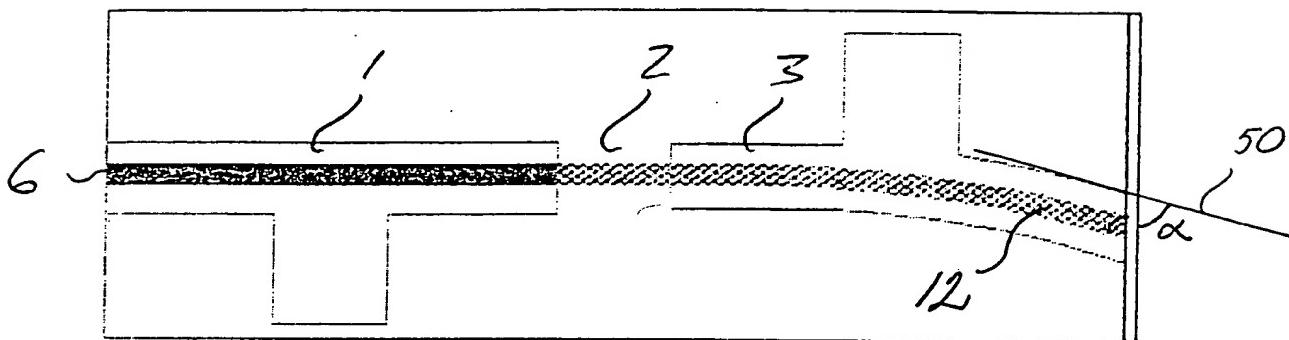


Fig. 1

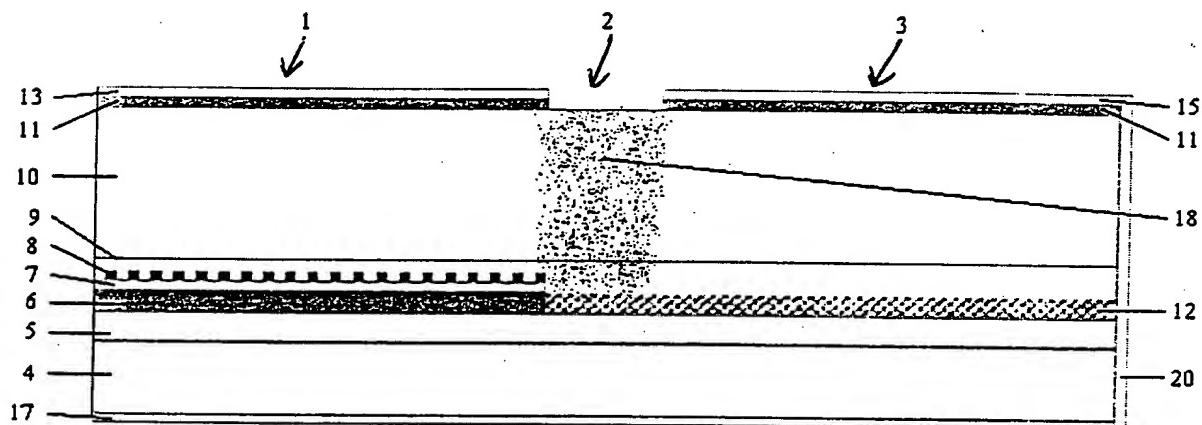


Fig. 2

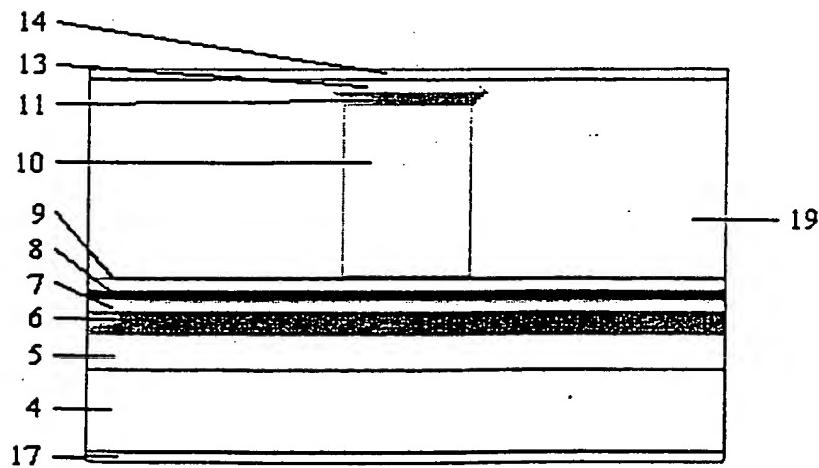


Fig. 3

2/2

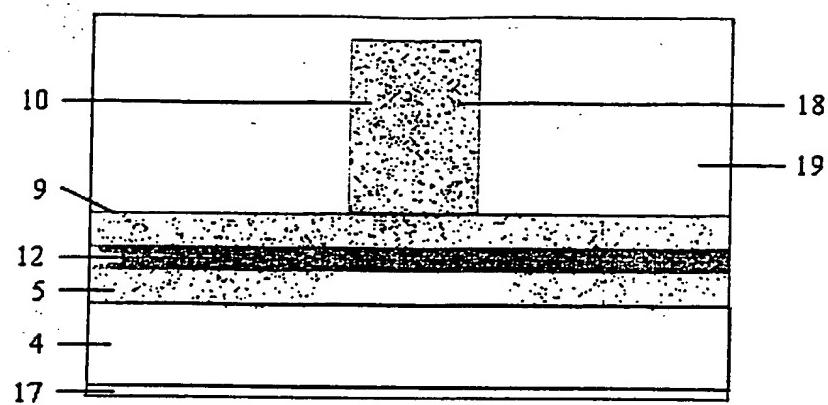


Fig. 4

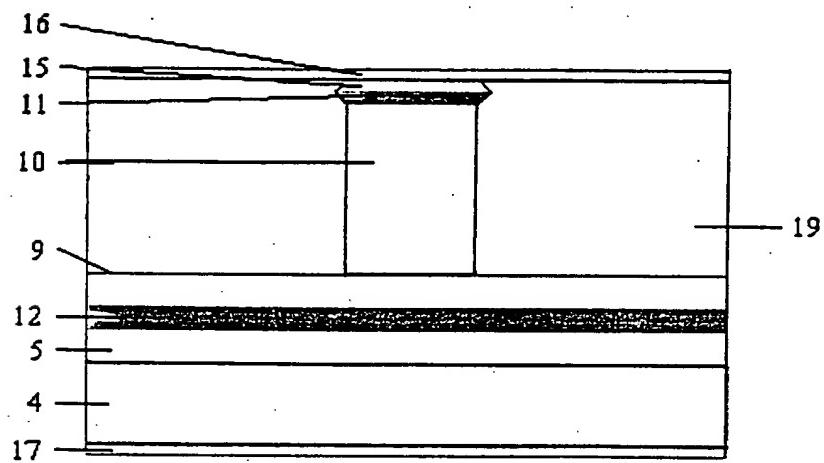


Fig. 5